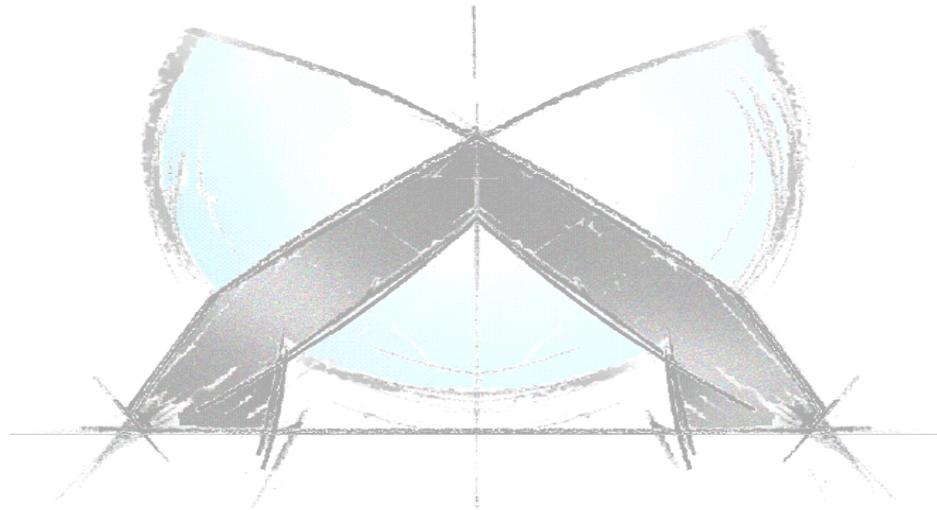
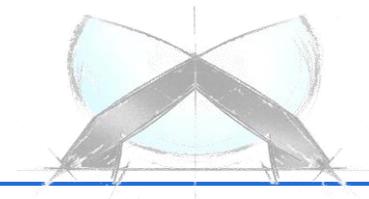


Anpassung komplexer Fließflächen und Möglichkeiten der Versagensabbildung mit 4a impetus

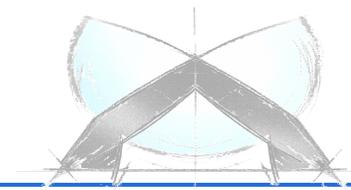
P. Reithofer, M. Rollant, A. Fertschej (4a engineering GmbH)



Workshop Kunststoffe, Filderstadt
24. September 2013



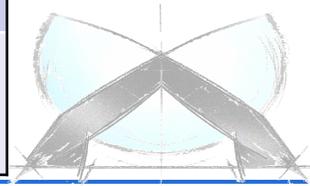
- Komplexe Fließfläche
 - Einleitung (FAT Arbeitskreis)
 - Verfügbare Materialmodelle
 - Verfügbare Prüfmethode
 - Import externer Messdaten
 - Anpassung Zugmessdaten
 - Anpassung Zug/Druck Asymmetrie
 - Alternative Prüfmethode
- Möglichkeiten der Versagensabbildung
 - Einleitung
 - Umsetzung in 4a impetus
 - Ausblick
- Zusammenfassung



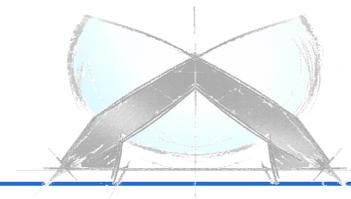
Einleitung

Vorgehensweisen Materialkartenerstellung

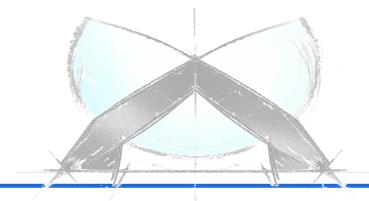
	klassische Vorgehensweise		4a impetus		
	*MAT_24	*MAT_187	*MAT_24	*MAT_124	*MAT_187
Zugversuch 	statische und dynamische Versuche	statische und dynamische Versuche		statische Versuche	statische Versuche
Druck 		statische Versuche			
Schub 		statische Versuche			
Biax-Zug Durchstoß		statische Versuche			
3-Punkt-Biegung 			statische und dynamische Versuche	statische und dynamische Versuche	statische und dynamische Versuche
gespannte Biegung 				statische Versuche	statische Versuche
T-Proben Biegung 					



Anpassung komplexe Fließfläche



- FAT Arbeitskreis (Institute DKI, IWM, KIT)
„Verbesserung der Crashsimulation von Kunststoffbauteilen durch Einbinden der Morphologiedaten aus der Spritzgießsimulation“
- Im Arbeitskreis wurde unter anderem ein **Hostacom XBR169G** (Polypropylen gefüllt mit Talkum und EPDM) untersucht [1] [2]
 - statische und dynamische Zugversuche
 - statische Schubversuche und Druckversuche
 - statische Biegeversuche
- Von der THM wurden dynamische Biegeversuche mit 4a impetus durchgeführt.
- Nach Ende des Arbeitskreises wurden an bereitgestellten Platten im Hause 4a weitere Untersuchungen durchgeführt.
- Danksagung dem Fraunhofer LBF (ehemals DKI) und der Technischen Hochschule Mittelhessen für die Bereitstellung der Versuchsdaten und Materialien.



Verfügbare Materialmodelle für Thermoplaste

Schnittstellenstand in 4a impetus V3.2

➤ Aktuell für LS_DYNA implementiert

- MAT_19: **MAT_STRAIN_RATE_DEPENDENT_PLASTICITY* von Mises
- MAT_24: **MAT_PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY* von Mises
- MAT_124: **MAT_PLASTICITY_COMPRESSION_TENSION* Drucker Prager
- MAT_187: **MAT_SAMP-1* Allg. Fließfläche

Materialverhalten	
Materialquelle	implementiert
Dichte	-1020.83399793837
Querkontraktion	0.3
Bruchdehnung	0
Elastizität	linear elastisch
Plastizität	vonMises
Kurve 1	4a Modell A
Dehnratenabhängigkeit	Tabelle
Dehnungsbereich bis	0.12
Stützstellen	50
Biasfaktor	10
Materialkarte	7011_MAT24_Plasticity Table Rate log. Table

Materialverhalten	
Materialquelle	implementiert
Dichte	-1020.83399793837
Querkontraktion	0.3
Bruchdehnung	0
Elastizität	linear elastisch
Plastizität	Drucker-Prager
Kurve 1	4a Modell A
Kurve 2	Kurve 1 skaliert
Dehnratenabhängigkeit	Tabelle
Dehnungsbereich bis	0.12
Stützstellen	50
Biasfaktor	10
Materialkarte	7021_MAT124

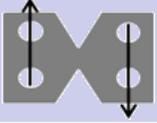
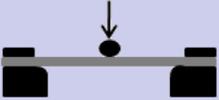
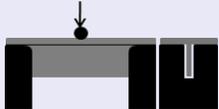
Materialverhalten	
Materialquelle	implementiert
Dichte	-1020.83399793837
Querkontraktion	0.3
Bruchdehnung	0
Elastizität	linear elastisch
Plastizität	allg. Fließfläche (3 Kurven)
Kurve 1	4a Modell A
Kurve 2	Kurve 1 skaliert
Kurve 3	Kurve 1 skaliert
Dehnratenabhängigkeit	Tabelle
Dehnungsbereich bis	0.12
Stützstellen	50
Biasfaktor	10
Materialkarte	7031_MAT187

➤ Alle LS-DYNA Materialkarten über benutzerdefinierte Schnittstellen verfügbar



Verfügbare Prüfmethoden

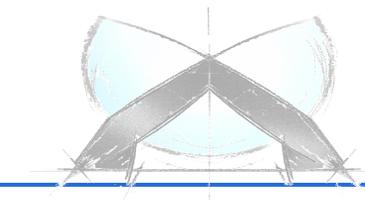
Schnittstellenstand in 4a impetus V3.2

	ABAQUS	LS-DYNA	PAMCRASH	RADIOSS
	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	
	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	
	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	
	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	explizit
	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	explizit
	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	explizit
Durchstoß	implizit / explizit	implizit / explizit	explizit	

in Arbeit

umgesetzt

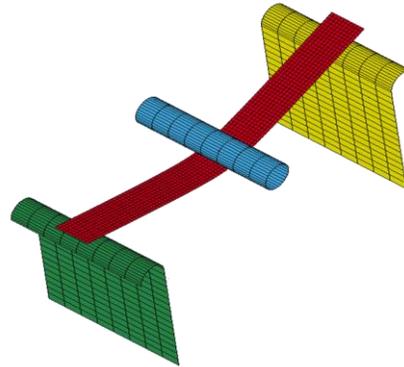
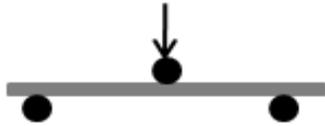
getestet



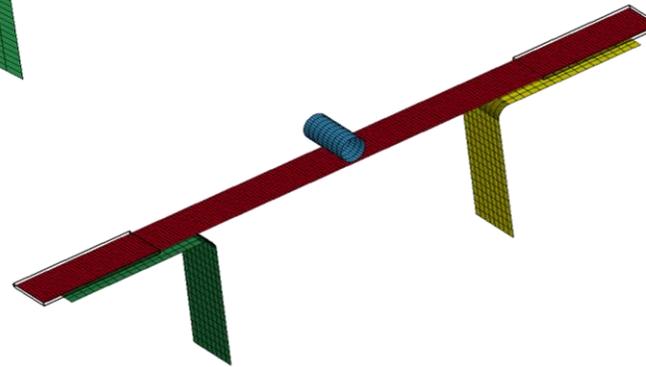
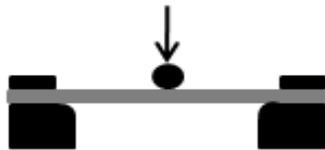
Verfügbare Prüfmethoden

Idealisierung Shells auf Basis der Prüfdatenbank

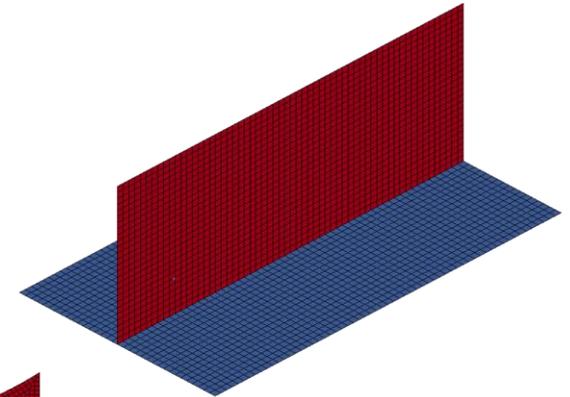
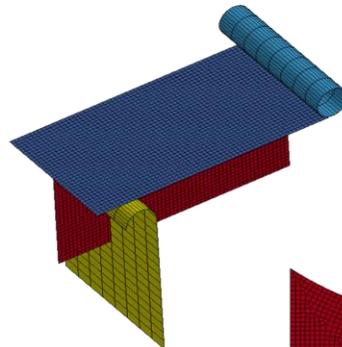
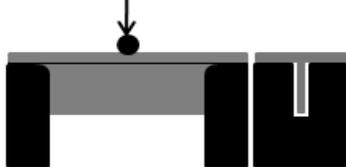
- 3-Punkt-Biegung



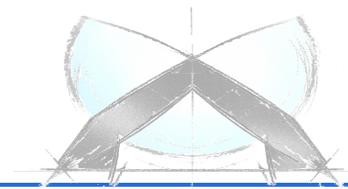
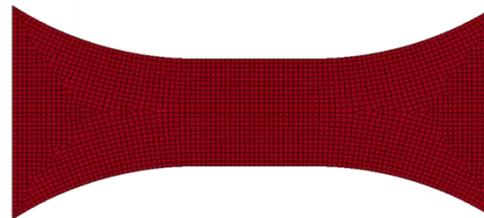
- 3-Punkt-Biegung gespannt



- T-Probe Halbmodell



- Zugstab kurz

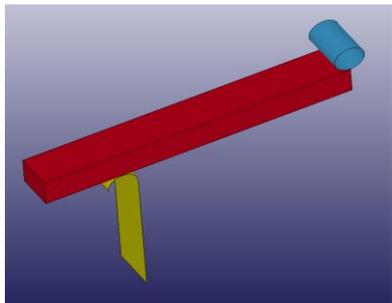
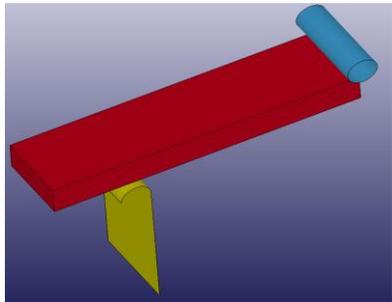
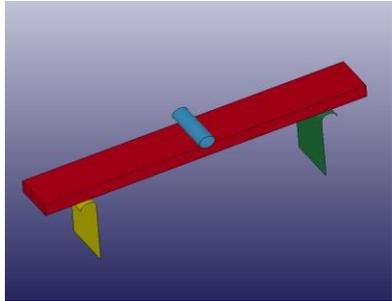


Verfügbare Prüfmethode

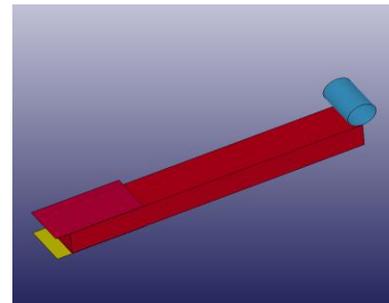
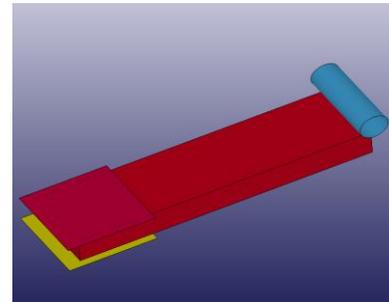
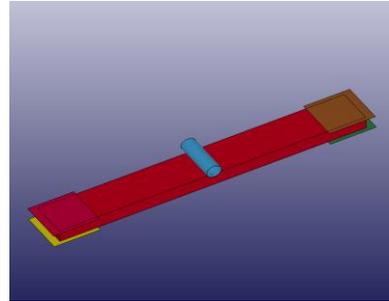
Ausnutzung von Symmetrien

Um die Berechnungsgeschwindigkeit zu erhöhen, können Symmetrien genutzt werden.

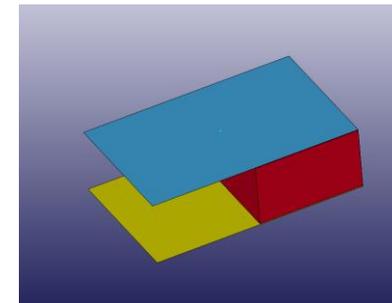
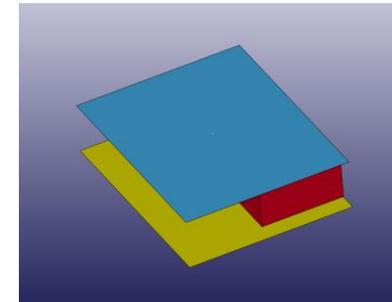
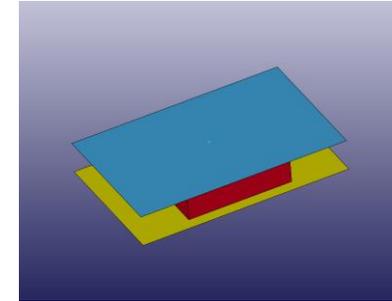
Freie Biegung



gespannte Biegung



Druck



Vollmodell

Halbmodell

Viertelmodell



Verfügbare Prüfmethode

Vereinfachung bis zum 1-Element

LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost

Assembly 1
FEM Parts
Geom Parts
Part 1

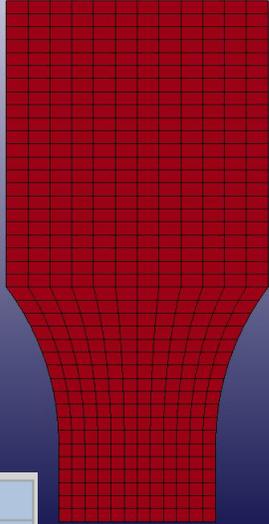
Vollmodell




LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost

Assembly 1
FEM Parts
Geom Parts
Part 1

Halbmodell



LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost

Assembly 1
FEM Parts
Geom Parts
Part 1

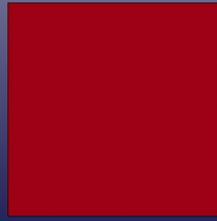
Viertelmodell




LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost

Assembly 1
FEM Parts
Geom Parts
Part 1

1-Element




⊕ Modelleinstellungen

⊕ Werkstoff

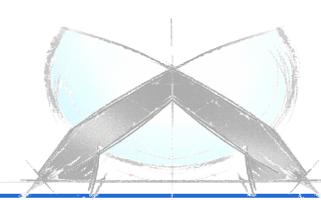
⊖ Idealisierung

Einheitensystem	t-mm-sec-MPa
Solver	LS DYNA
Inputdeck	default
Modellsymmetrie	1-Element oder komplexer ▾
Idealisierungstyp	Vollmodell
Elementgröße	Halbmodell oder komplexer
⊕ Erweiterte Eins	Viertelmodell oder komplexer
⊕ Materialverhalten	1-Element oder komplexer

⊖ Fälle

⊕ Fallname ZBST_0g_0mps_lw40mm

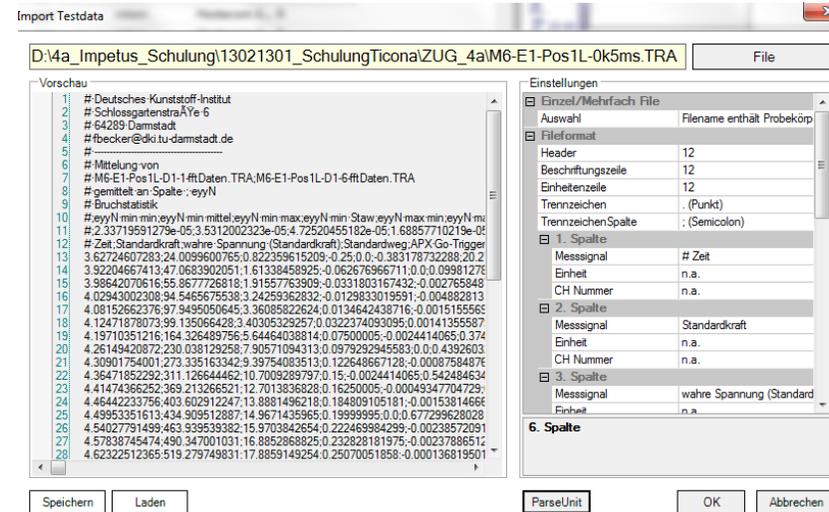
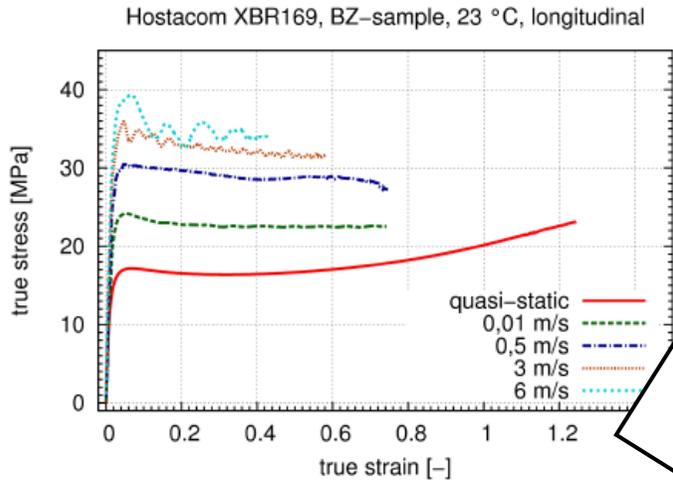
⊕ Ergebnisse



Anpassung Materialkarte mit allg. Fließfläche

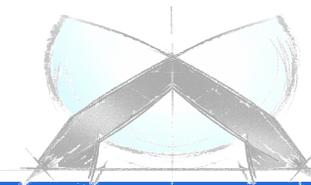
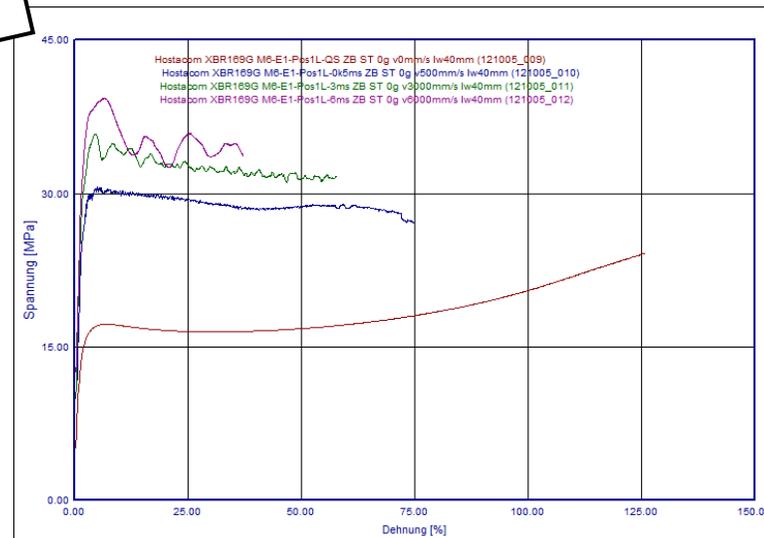
Import von externen Messdaten / Beispiel Zugversuche

➤ 1. Schritt: Import externe Versuchsdaten [1][2]



Unterstützte Datenformate:

- Zwick ASCII Format
- Shimadzu ASCII Format
- Plain Text
- CSV
- Excel



Anpassung Materialkarte mit allg. Fließfläche

Import von externen Messdaten / Beispiel Zugversuche

➤ 2. Schritt: Datenauswertung

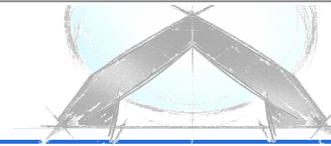
Welche Dehnungen liegen vor ?

Bezugslänge für Dehnungsauswertung

- Querhaupt
- Standard Extensiometer
- DMS
- Laser Extensiometer
- optische Punktverfolgung
- Grauwertkorrelation

Was möchte man auswerten bzw. anpassen ?

☐ Allgemeine Informationen	
☐ Prüfsetup	
Prüfmethode	ZB (Zugbelastung)
Geschwindigkeit	0.5
Auflagerabstand	40
Messlänge L0 [mm]	0
☐ Probekörper	
Probekörperbezeichnung	M6-E1-Pos1L-0k5ms
Normmaße	
☐ Probekörperabmessungen	
Masse	4.08
Dichte	1020
Probentemperatur	0
Probenfeuchte	0
benutzerdefinierter Text	
benutzerdefinierter Wert	0
Probekörperorientierung	0
☐ Auswertung	
Filter	0 kein Filter
☐ Geschwindigkeitsermittlung	3 - Weg (statisch Anfangsanstieg)
☐ Nullpunktsbestimmung	7 - Extrapolation Steigung Kraft-Weg
☐ Brucherkennung	1 - automatisch
☐ Spannungsauswertung	
Auswertung Zug	σ tech, ϵ tech (Querhaupt)
☐ Steifigkeitsauswertung	keine
☐ Ergebnisse	
	σ tech, ϵ tech (Querhaupt)
	σ tech, ϵ tech (lokal)
	σ tech, ϵ tech (global)
	σ wahr, ϵ wahr (lokal, $\nu=0.5$)
	σ wahr, ϵ wahr (lokal, ν =gemessen)
	σ, ϵ aus Messung (wahre Spannung)



Anpassung Materialkarte mit allg. Fließfläche

Überprüfung der Notwendigkeit

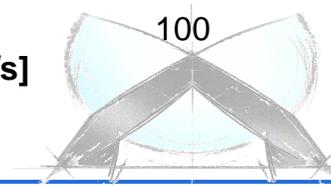
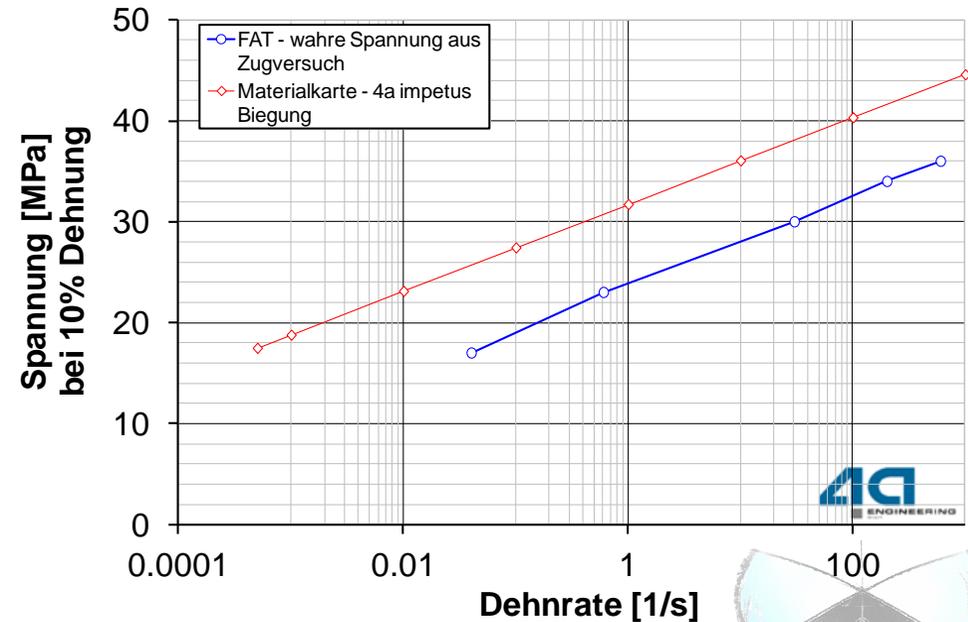
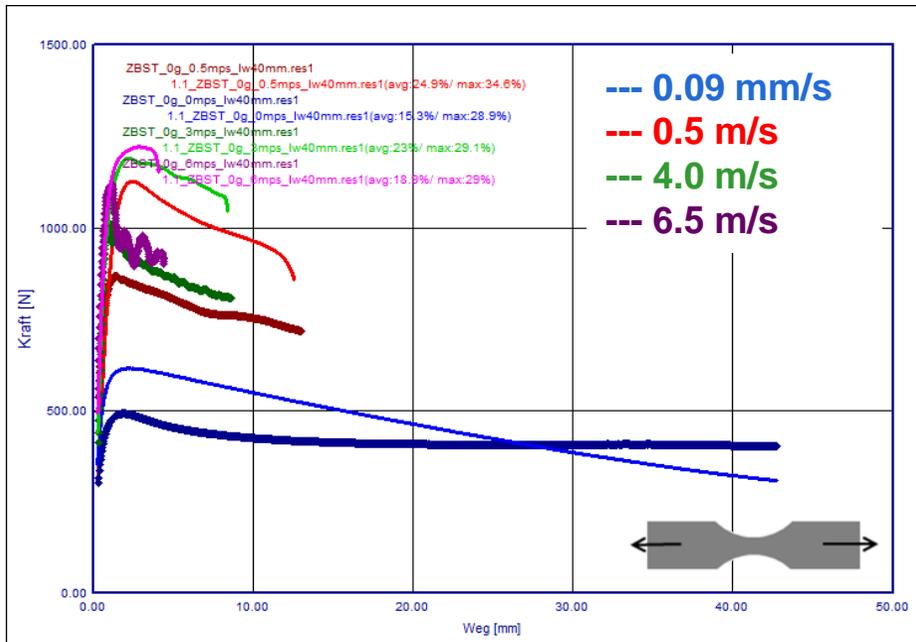
➤ 3. Schritt: Validierung mit vorhandener Materialkarte

Höhere Fließspannungen aufgrund der Zug/Druck Asymmetrie

→ MAT_PLASTICITY_COMPRESSION_TENSION
oder MAT_SAMP-1

Lokalisieren aufgrund der Volumenskonstanz

→ Fließkurvenextrapolation oder
Berücksichtigung der plastischen Querkontraktion

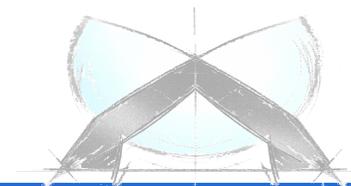
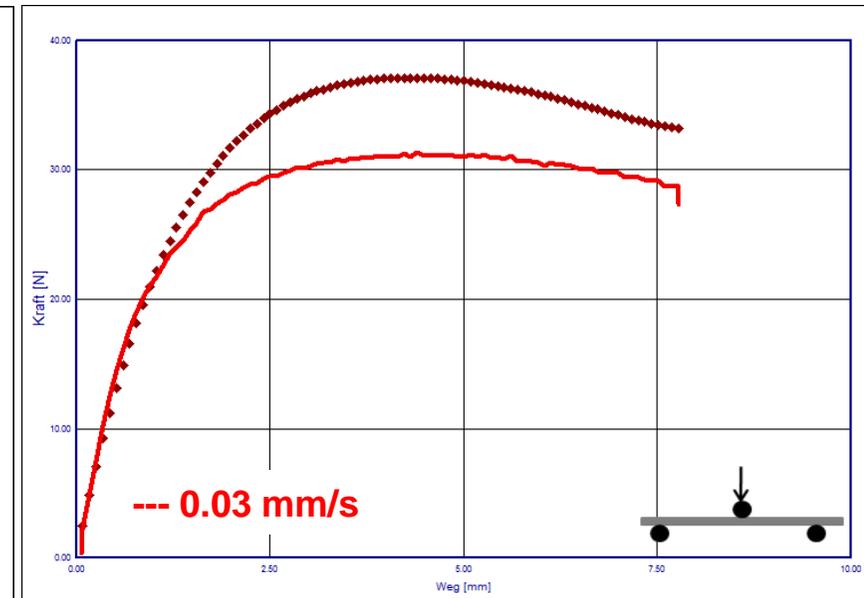
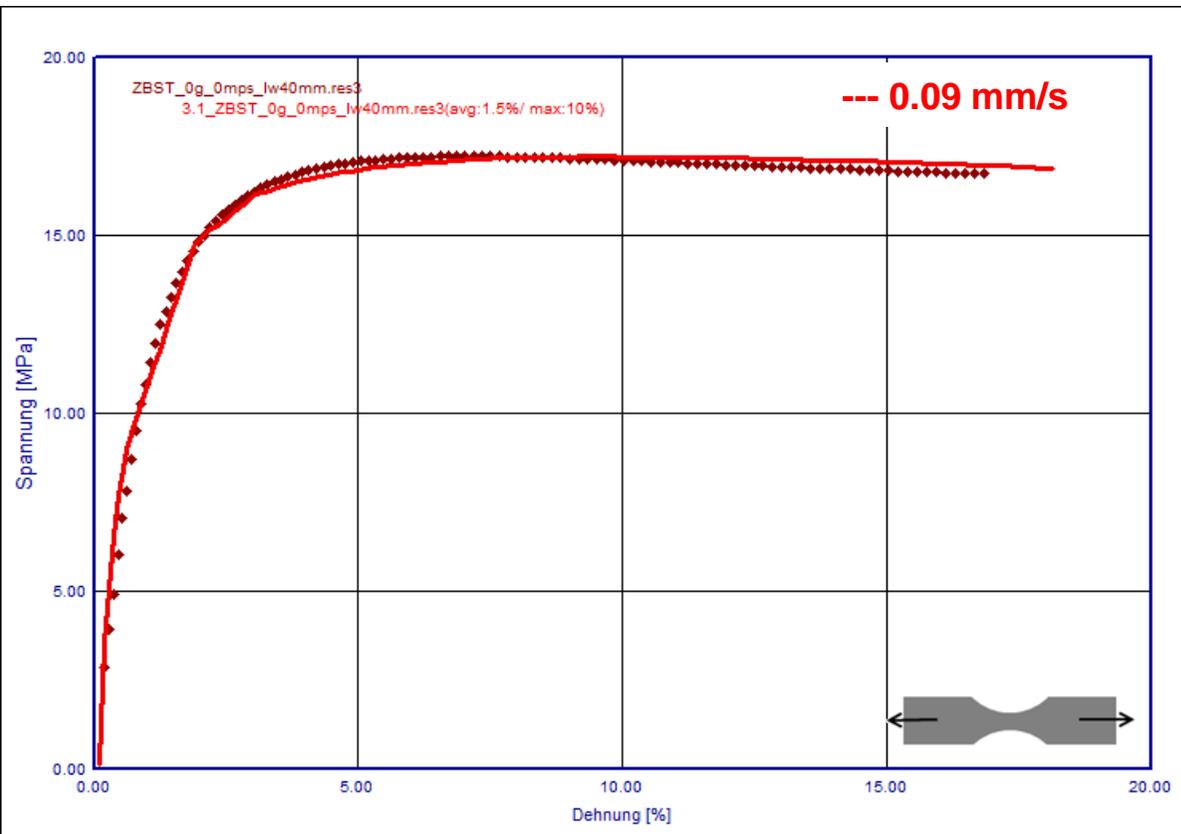


Anpassung Materialkarte mit allg. Fließfläche

Ermittlung der Zug/Druck Asymmetrie

➤ 4. Schritt: Materialcharakterisierung Zug - Parameteridentifikation mit LS-OPT

- vereinfacht am 1-Element Modell
- Dehnratenabhängigkeit aus vorhandener Materialkarte auf Basis Biegung
- Ansatzfunktion 3-Parameter-Modell

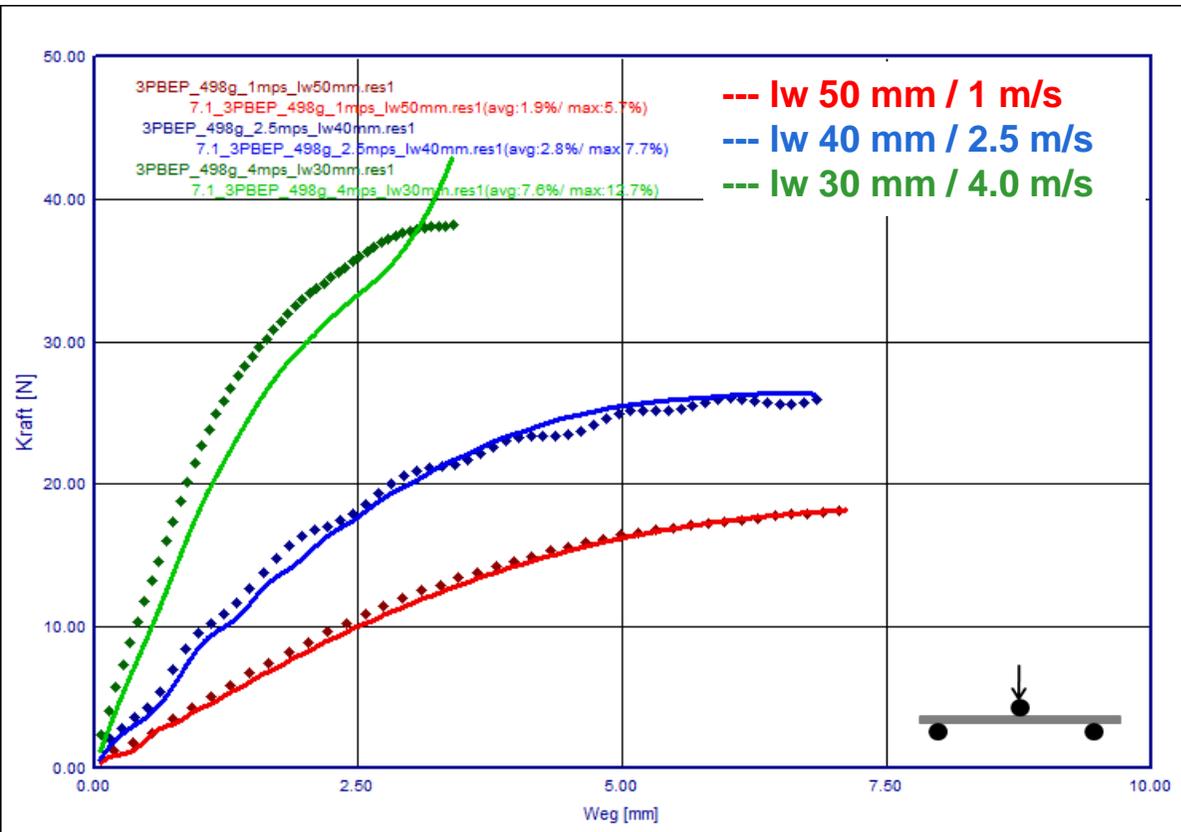


Anpassung Materialkarte mit allg. Fließfläche

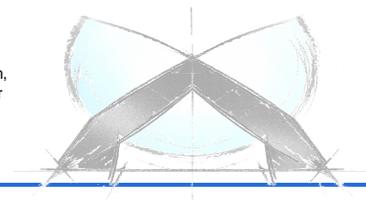
Ermittlung der Zug/Druck Asymmetrie

➤ 5. Schritt: Materialcharakter. mit allg. Fließfläche - Parameteridentifikation mit LS-OPT

- MAT_SAMP-1
- plastische Querkontraktion aus Zugmessungen fixiert
- Schub- und Druckkurven skaliert auf Basis Zug
- Dehnratenabhängigkeit aus vorhandener Materialkarte auf Basis Biegung



Modell 130322_001
 Solver: LS DYNA, Metamodell: 7031_MAT187, Elementgröße: 2mm,
 Elementtyp:16: Fully integrated shell element (very fast), Anzahl der
 Integrationspunkte: 8
 Annahmen: Querk. 0.3, Reibk. 0.1

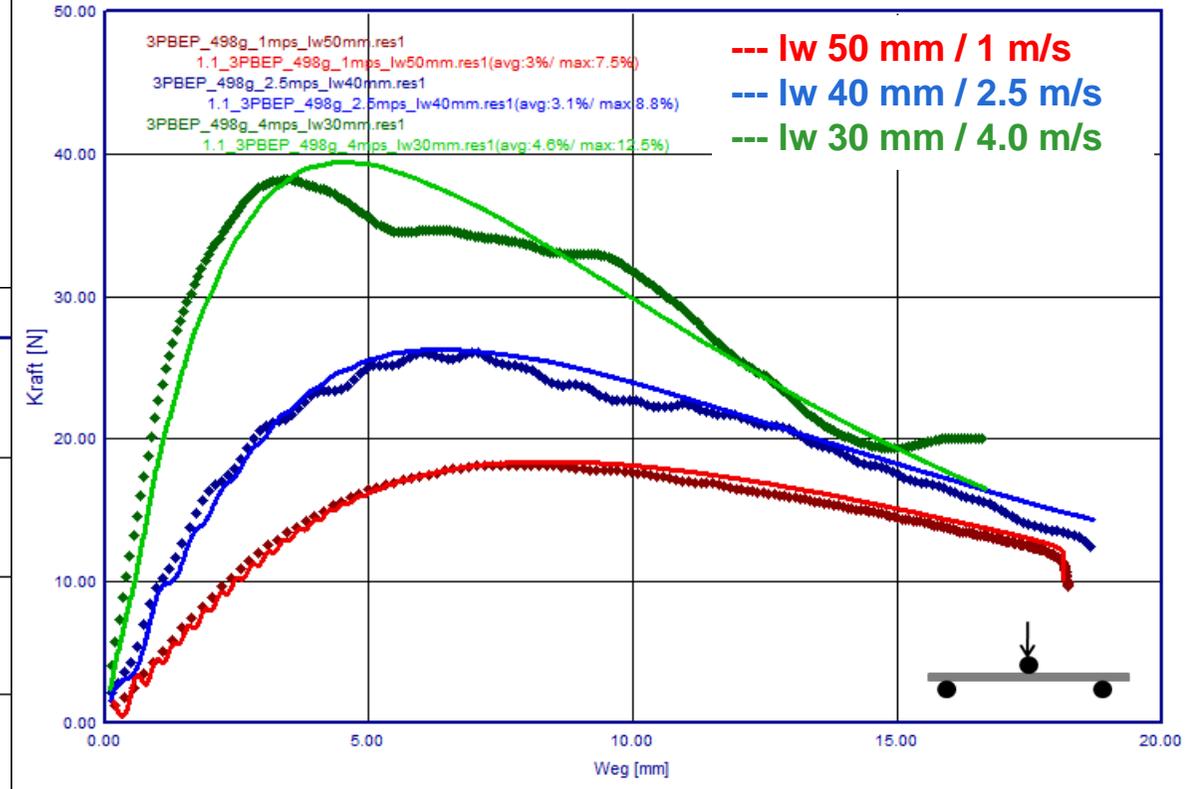
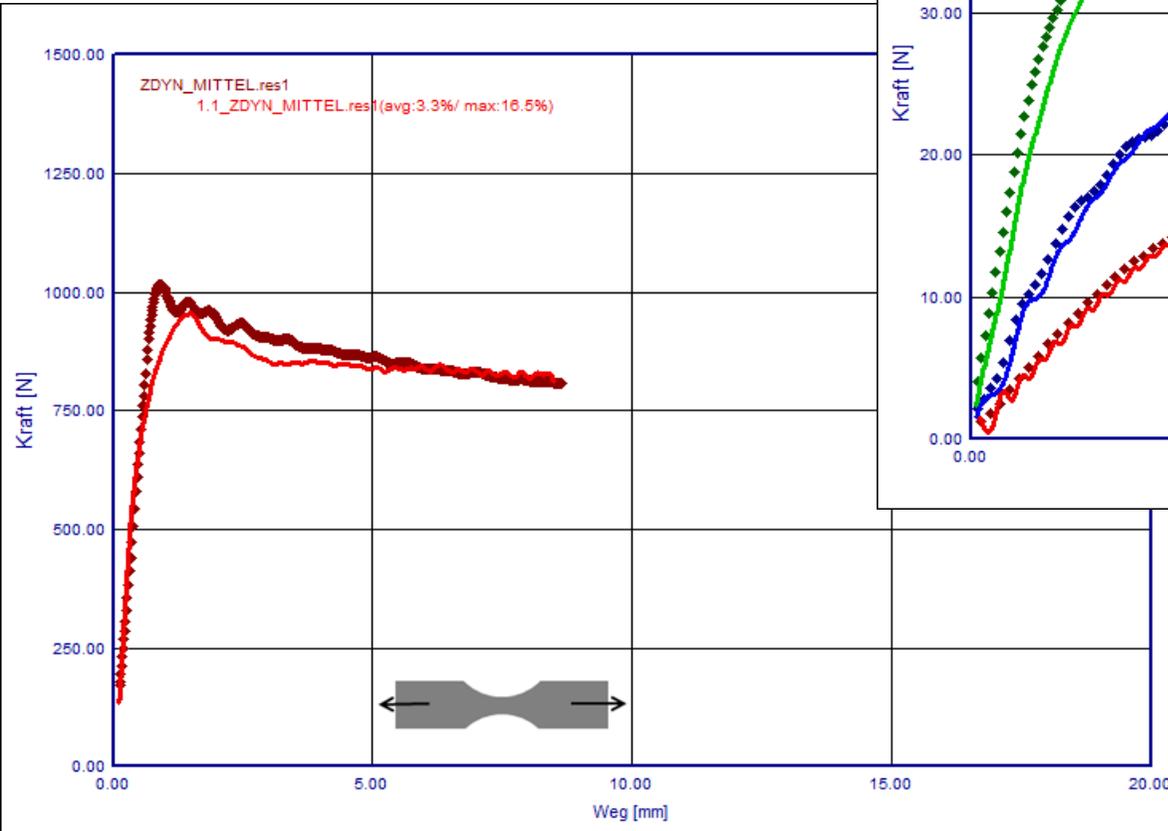


Anpassung Materialkarte mit allg. Fließfläche

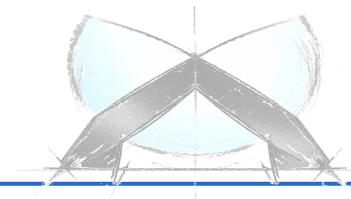
Ermittlung der Zug/Druck Asymmetrie

➤ 6. Schritt: Validierung

gute Übereinstimmung für alle Lastfälle



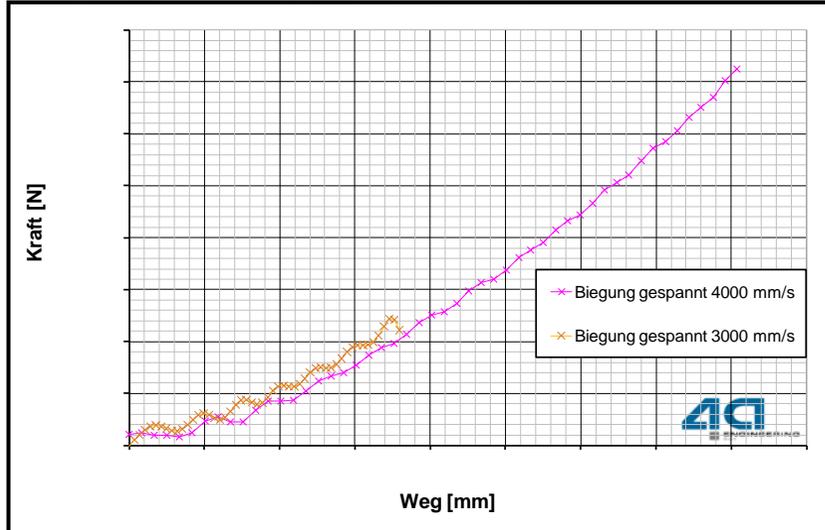
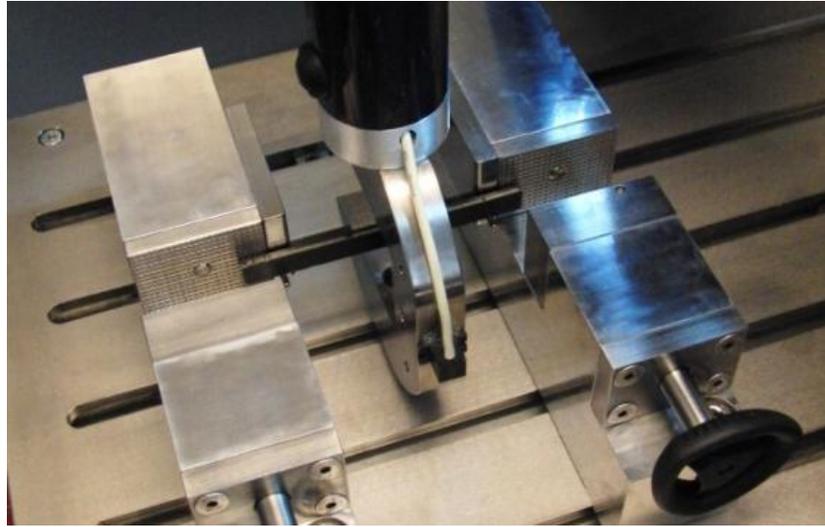
Modell 130323_001
 Solver: LS DYNA, Metamodell: 7031_MAT187, Elementgröße: 2mm,
 Elementtyp: 16: Fully integrated shell element (very fast), Anzahl der
 Integrationspunkte: 9
 Annahmen: Querk. 0.3, Reibk. 0.1



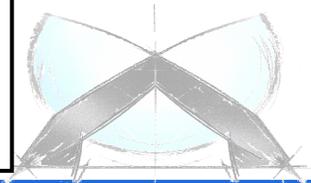
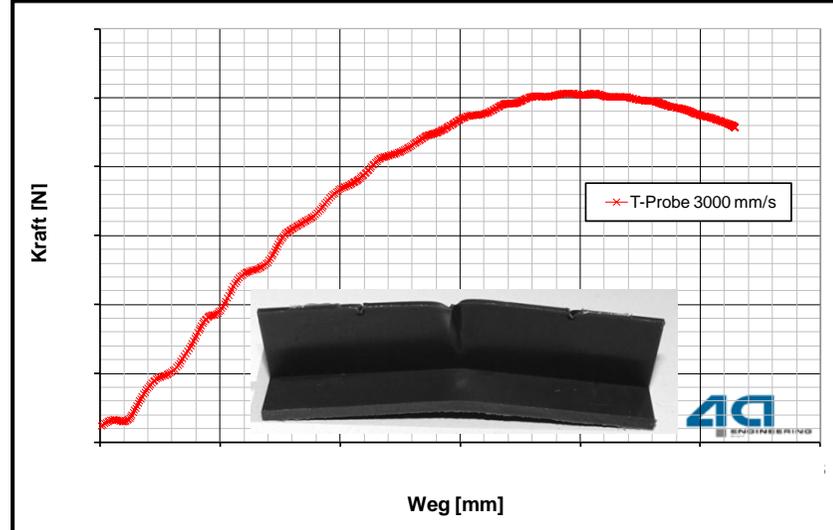
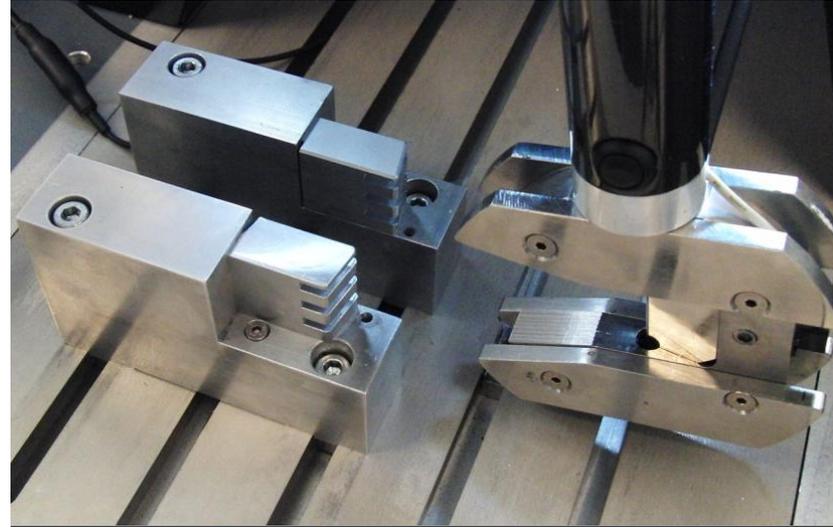
Anpassung Materialkarte mit allg. Fließfläche

Alternative Prüfmöglichkeiten zum Zugversuch

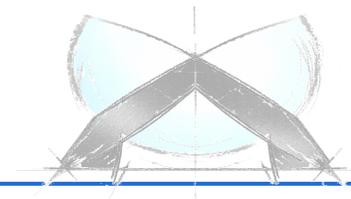
➤ Gespannte Biegung [3]



➤ T-Probe [3]



Möglichkeiten der Versagensabbildung

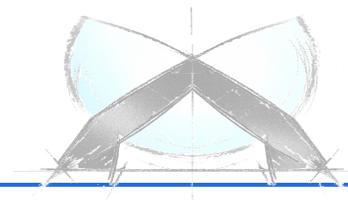


Möglichkeiten der Versagensabbildung

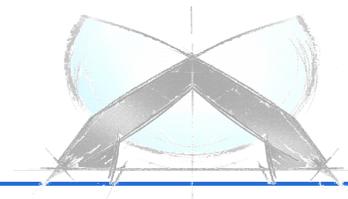
Verfügbare Versagens- bzw. Schädigungsmodelle in LS-DYNA

- Plastische Vergleichsdehnung
z.B. **MAT_24: *MAT_PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY**
- Plastische Vergleichsdehnung mit Schädigung
z.B. **MAT_81: *MAT_PLASTICITY_WITH_DAMAGE**
- Dehnratenabhängiges Vergleichskriterium
z.B. **MAT_19: *MAT_STRAIN_RATE_DEPENDENT_PLASTICITY**
oder **MAT_124: *MAT_PLASTICITY_COMPRESSION_TENSION**
- Vergleichskriterium in Abhängigkeit der Mehrachsigkeit, ...
z.B. **MAT_187: *MAT_SAMP-1**

Alternativ bietet die zusätzliche Option ***MAT_ADD_EROSION** in Kombination mit einer Materialkarte eine Vielzahl an möglichen Schädigungs- und Versagensmodellierungen.



- Prüfmethoden
 - Handling unterschiedlicher Prüfmethoden erforderlich
 - Zusätzliche Informationen müssen in der Datenbank zugänglich gemacht werden (z.B. Orientierung, Mehrachsigkeit)
- Aufbereitung der Versuchsdaten
 - Filterung
 - Ereignisse/Zeiten wie Beginn des Bruches und vollständiges Versagen
- Modellbildung / Reverse engineering
 - Zugänglich Machen komplexer Modelle
 - statistische Auswertung von Einzelergebnissen
 - Simulation mit Elementlöschung

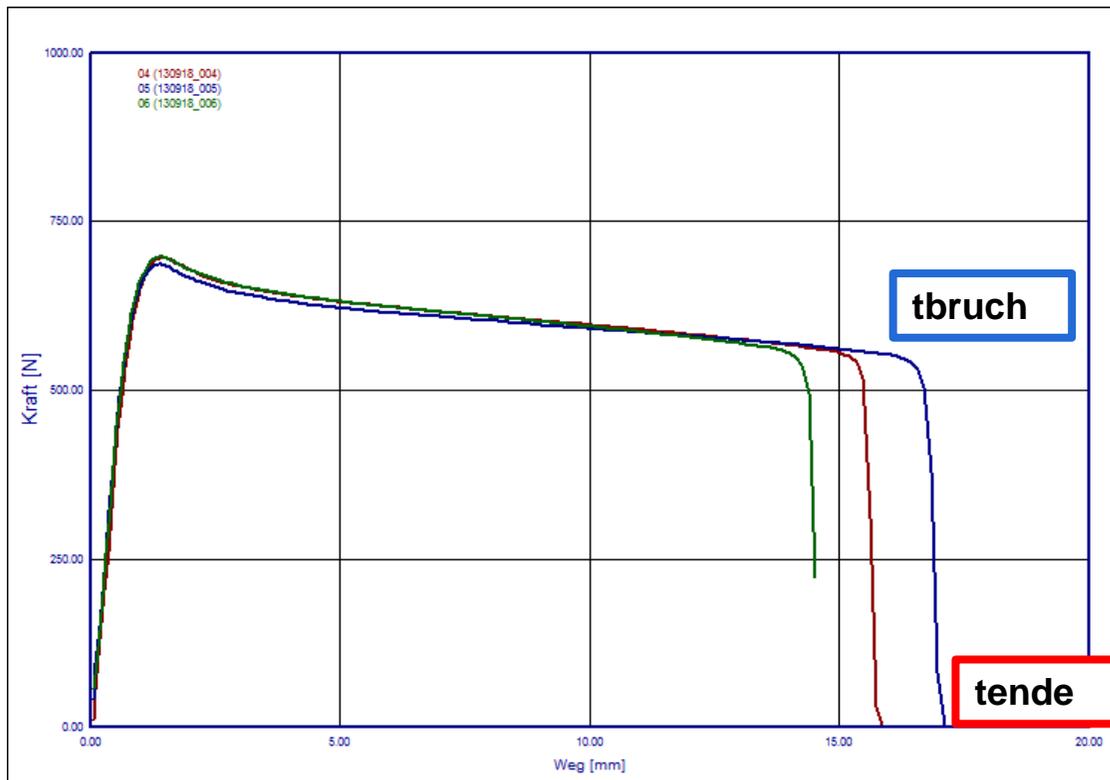


Möglichkeiten der Versagensabbildung

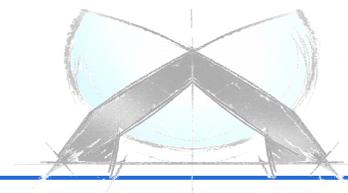
Anforderungen an 4a impetus

➤ Aufbereitung der Versuchsdaten

- Filterung
- Ereignisse/Zeiten wie Beginn des Bruches und vollständiges Versagen



Versuch/Test		
Database Tests		
Messung		
Report		
Messkurven		
Viewer		
a(t)		
v(t)		
Datum_ Nr		
130918_005		
+ Allgemeine Informationen		
+ Prüfsetup		
+ Probekörper		
- Auswertung		
Filter	0	kein Filter
Geschwindigkeitsermittlung	3 - Weg (statisch Anfangsanstieg)	
Nullpunktsbestimmung	7 - Extrapolation Steigung Kraft-Weg	
- Brucherkennung	0 - manuell (Zeitpunkt)	
tende	1.8	
tbruch	1.73	
alphamax_ep	-5	
alphamax_dp	-5	
Fbruch	0.05	
tbruchfac	10	
Fperc	0.8	
trueckfac	20	
b_criterium	0	
+ Spannungsauswertung		
+ Steifigkeitsauswertung		
+ Ergebnisse		



Möglichkeiten der Versagensabbildung

Aktuelle Umsetzung in 4a impetus

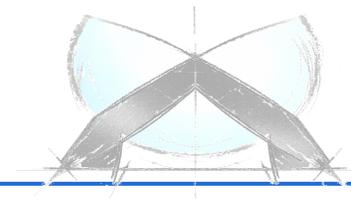
Modellbildung/Reverse engineering

- In Version 3.1 ist momentan eine Vergleichsdehnung umgesetzt
- Über benutzerdefinierte Materialkarten werden komplexere Versagensmodelle unterstützt

Materialverhalten	
Materialquelle	implementiert
Dichte	-1020
Querkontraktion	0.3
Bruchdehnung	0.2
Elastizität	linear elastisch
Plastizität	vonMises
Dehnratenabhängigkeit	Tabelle

- Es wurden unterschiedliche „Abläufe/Prozesse“ für die Modellbildung eingebaut

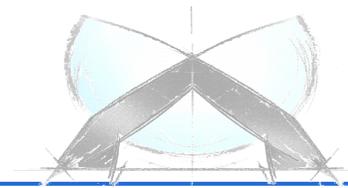
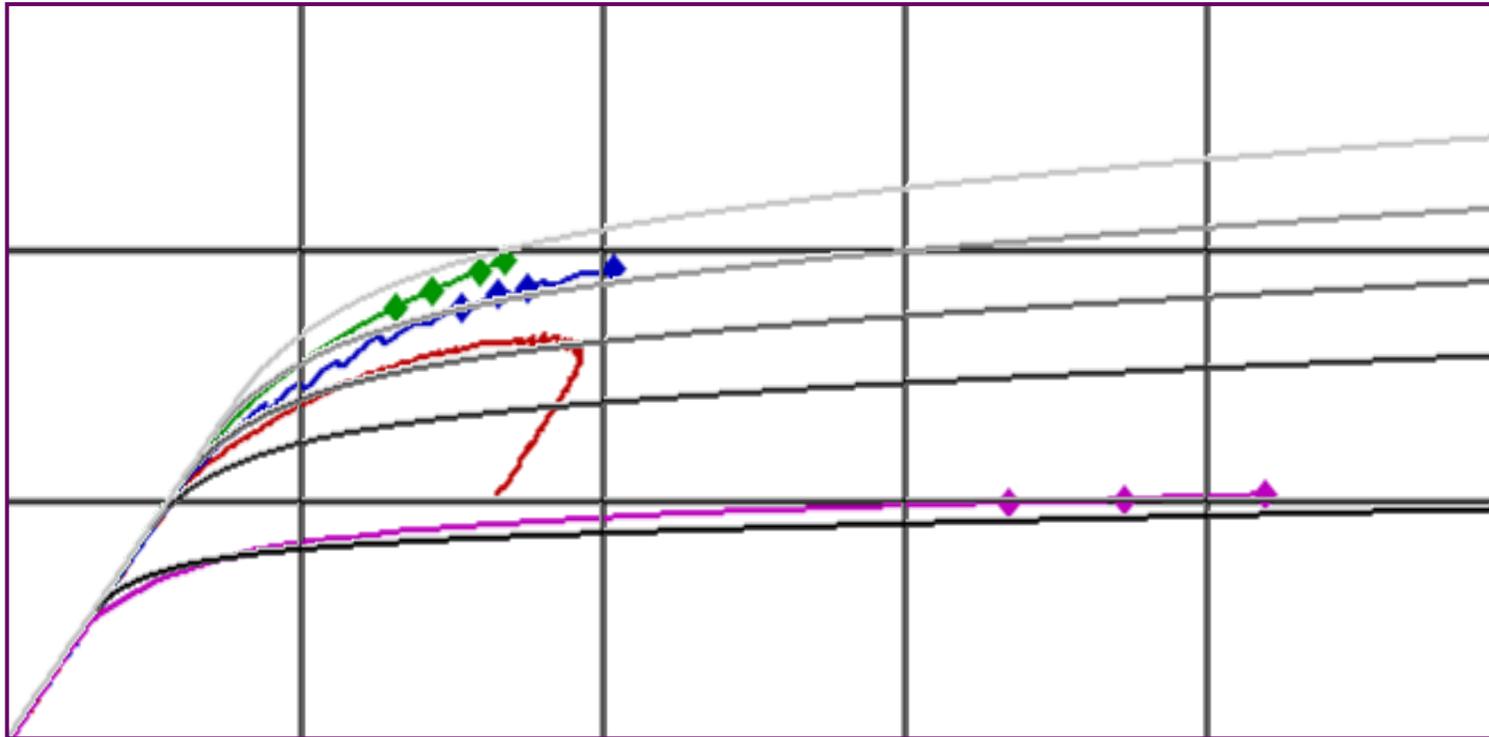
Modelleinstellungen	
Datensatzname	A12 Modul Anpassung 1m/s
Name des Erstellers	pr
Validierung/Optimierung	Optimierung
Erweiterte Einstellungen	Vorabsimulation
Werkstoff	Visualisierung Testdaten
Idealisierung	Optimierung
Materialverhalten	Validierung
Fälle	Validierung (Einzelkurven)



Möglichkeiten der Versagensabbildung

Aktuelle Umsetzung in 4a impetus

- Bruchzeiten ermöglichen die spätere Auswertung
z.B. dargestellt: das gefundene Materialmodell (grau);
die auftretenden Randfaserspannungen und -dehnungen in den
statischen und dynamischen 3-Punkt-Biegeversuchen (färbig);
Beginn des Bruches im Einzelversuch (Punkte).



Möglichkeiten der Versagensabbildung

Benutzerdefinierte Materialkarte

- Zu einer vorhandenen Materialkarte z.B. *MAT_24 wird
- eine zusätzliche Karte ***MAT_ADD_EROSION** hinzugefügt:

```
*MAT_ADD_EROSION
```

```
$ MID EXCL MXPRES MNEPS EFFEPS VOLEPS NUMFIP NCS
```

```
1000000
```

Gleiche ID wie in *Mat24

```
$ MNPRES SIGP1 SIGVM MXEPS EPSSH SIGTH IMPULSE FAILTM
```

```
$ IDAM DMGTYP LCSDG ECRIT DMGEXP DCRIT FADEXP LCREGD
```

1 Damage Initiierungs- und Entwicklungs-Kriterium

```
-1 1
```

```
$ DITYP P1 P2
```

```
0 100005 0
```

Duktile Damage Initiierung

```
$ DETYP DCTYP Q1
```

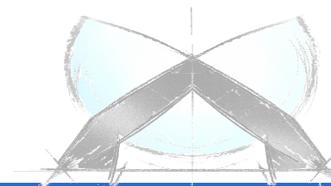
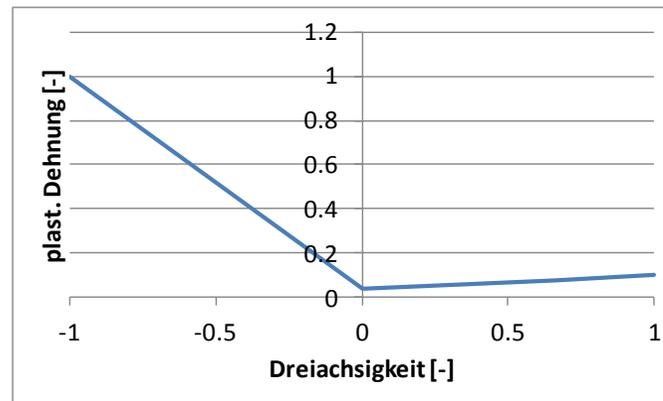
```
$=====
```

```
*DEFINE_CURVE
```

```
$ P1
$ lcid sidr scla sclo offa offo dattyp
```

Damage Initiierungs-Parameter: Dreiaxsigkeit vs. plast. Dehnung

```
100005 0 1.0 1.0
$ x y
-1.000000 1.0000000000
0.000000 0.0400000000
0.330000 0.0600000000
0.660000 0.0800000000
1.000000 0.1000000000
```



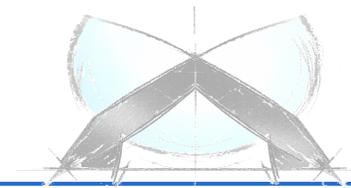
Möglichkeiten der Versagensabbildung

Benutzerdefinierte Materialkarte

➤ Das Versagen kann auch dehnratenabhängig gemacht werden:

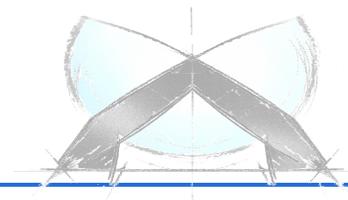
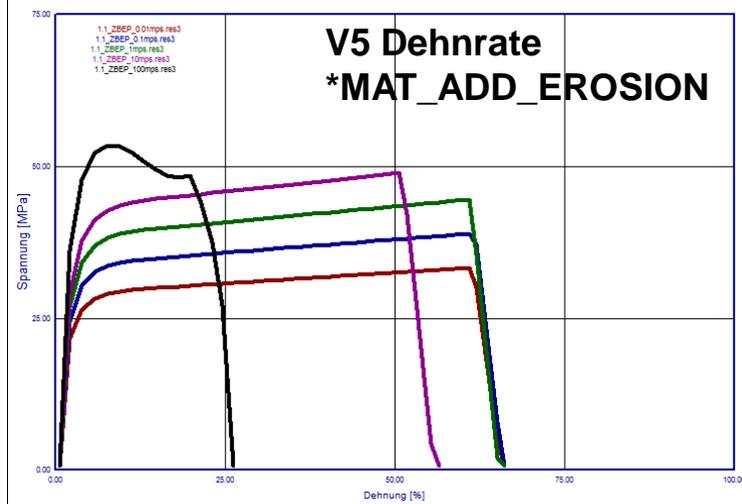
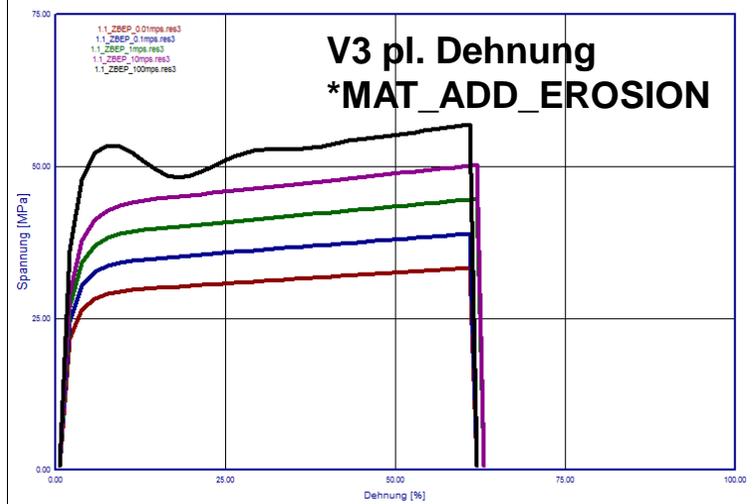
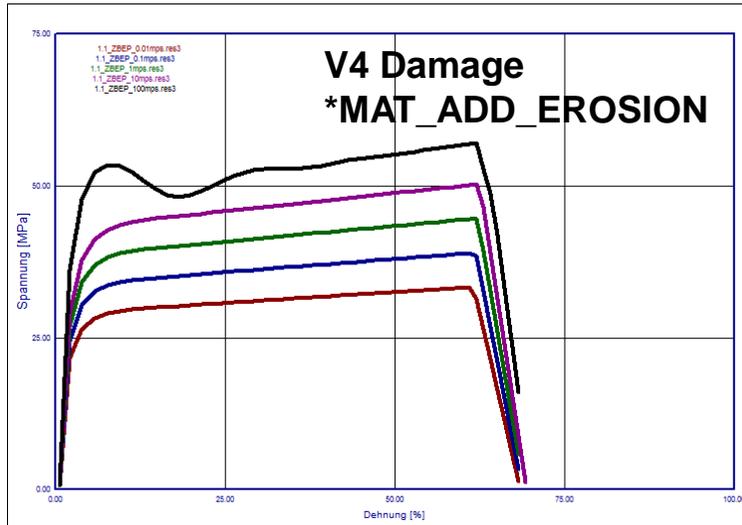
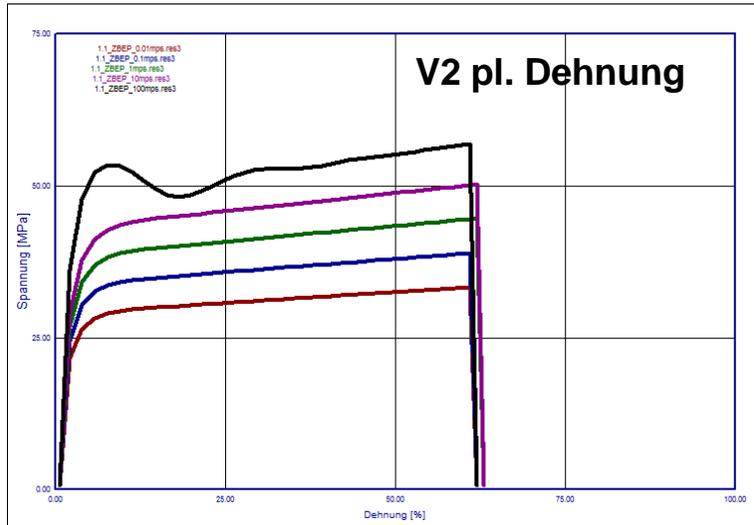
```
*DEFINE_TABLE
$# tbid
100005
$# value lcid
0.001 1000011
100 1000012
*DEFINE_CURVE
$ lcid sidr scla sclo offa offo dattyp
1000011 0 1.0 1.0
$ x y
-1.000000 1.0000000000
0.000000 0.0400000000
0.330000 0.0600000000
0.660000 0.0800000000
1.000000 0.1000000000
$=====
*DEFINE_CURVE
$ lcid sidr scla sclo offa offo dattyp
1000012 0 1.0 1.0
$ x y
-1.000000 1.0000000000
0.000000 0.0200000000
0.330000 0.0400000000
0.660000 0.0600000000
1.000000 0.0800000000
```

Dehnraten



Möglichkeiten der Versagensabbildung

1-Element Tests



- Mit stat. und dynamischen Biegeversuchen lassen sich einfache Materialkarten sinnvoll für die Simulationspraxis erstellen.
- Zusätzliche Versuche (Zug-, Schub-, Druckversuche, gespannte Biegung ...) können in 4a impetus importiert und der Materialcharakterisierung und -modellierung zugeführt werden.
- Auf Basis dieser Daten können auch komplexere Materialkarten wie z.B. SAMP-1 erstellt werden.
- Erste Möglichkeiten der Versagensabbildung wurden in 4a impetus implementiert. Erweiterungen, insbesondere bessere Integration von Versagens- und Schädigungsmodellen, sind geplant.
- Die Weiterentwicklungen in diesem Umfeld werden aufgrund der Vielfalt von Kundenwünschen geprägt sein.

